

$$\tau_{обн} = \frac{l_k^{dam}}{v(i, j)}$$

Если $\tau_{обн}$, полученное таким образом, удовлетворяет ответственного руководителя работ по ликвидации аварий – решение задачи для рассматриваемого случая получено. Если нет – делается вывод о необходимости реорганизации системы обнаружения пожара в рассматриваемой выработке.

3. Если датчиков в рассматриваемой выработке нет – анализируются инцидентные аварийной по ходу вентиляционной струи выработки $(j, j_k) \in U_{дат}$, $(j_k, j_i) \in U_{дат}$ и т.д. до достижения имеющегося датчика. Если при этом $\tau_{обн}$ является удовлетворительным – действия аналогичны определенным п.2. Если нет – аналогично п. 2 делается вывод о несоответствии системы обнаружения пожара требованиям ПЛА и вырабатываются рекомендации о смещении датчика к месту возможного возникновения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокоулин И.Е. Об оптимальном размещении датчиков-детекторов пожарных газов в вентиляционной сети шахты.- Днепропетровск: Ин-т геотехн. механики АН УССР, 1978.- 13 с. (Рук. деп. В ВИНТИ, 4 мая 1978 г., № 1507-78 ДЕП).
2. Поздняков К.И., Шабельников А.В. Возможность применения и расстановка датчиков обнаружения подземных пожаров// Уголь.- 1990, №9.- с. 39-41.
3. Стрейманн В.Э., Беянин И.Е., Власенко Я.С. О выборе места установки датчиков для обнаружения подземных пожаров// Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело: Науч.-техн. реф. сб./ ЦНИЭИуголь, 1972, №5.- с. 18-19.
4. Litton C.D. Guidelines for siting product of combustion fire sensors in underground mines. „Inf. And circ. Bur. Mines. US Dep. Inter”, 1983,# 8919, 13 pp

УДК 622.647.2

Канд. техн. наук Р.В. Кирия
(ИГТМ НАН Украины)

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АККУМУЛИРУЮЩИХ БУНКЕРОВ

Досліджено питання впливу акумулюючих бункерів на пропускну спроможність системи підземного транспорту вугільних шахт. При цьому розглядалися схеми із послідовним та паралельним розташуванням конвеєрних ліній і бункерів. Одержано умови, при яких система конвеєрного транспорту має найбільшу пропускну спроможність.

INCREASE OF CARRYING CAPACITY OF CONVEYOR LINES AT THE USE OF ACCUMULATING BUNKERS

The question of influence of accumulating bunkers on the carrying capacity of the underground transportation system of coal mines is explored. Charts with continuous and parallel arrangement of conveyor lines and bunkers were thus examined. Terms at which conveyor transport system has maximum carrying capacity are got.

Решение задач по техническому перевооружению предприятий угольной промышленности неразрывно связано с дальнейшим развитием и

совершенствованием одного из основных производственных процессов угледобычи – подземного транспорта.

Одним из основных направлений развития технологии добычи и транспортирования угля является интенсификация производства, сокращение количества лав и увеличение нагрузок на одну лаву. При этом конвейерный транспорт является основным видом транспорта, обеспечивающим высокую производительность работы очистных забоев.

Опыт эксплуатации высокопроизводительных очистных комплексов показал, что одним из главных факторов, снижающих эффективность их работы, является недостаточная пропускная способность конвейерного транспорта, связанная с низкой надежностью конвейерных линий [1].

Для повышения пропускной способности систем подземного конвейерного транспорта применяют аккумулирующие бункеры. Обычно бункеры устанавливаются на стыках участкового и магистрального транспорта. Однако обоснованного расчета, определяющего на сколько при этом повышается пропускная способность, в настоящее время не существует.

Определим влияние аккумулирующего бункера на пропускную способность конвейерной линии.

Рассмотрим вначале систему последовательного соединения конвейерных линий с бункером (конвейер – бункер – конвейер) (рис. 1).

На схеме рис. 1 перед бункером находится конвейерная линия 1, вероятность работы которой обозначена через P_1 . За бункером находится конвейерная линия 2, вероятность ее работы – P_2 . Обозначим через m_{Q1} средний минутный грузопоток, поступающий на конвейерную линию 1, а через m_{Q2} – минутный грузопоток на выходе из бункера. Кроме того, обозначим через ζ_δ увеличение количества груза в бункере за минуту и через ζ_ϵ – минутный грузопоток на выходе из конвейерной линии 2.

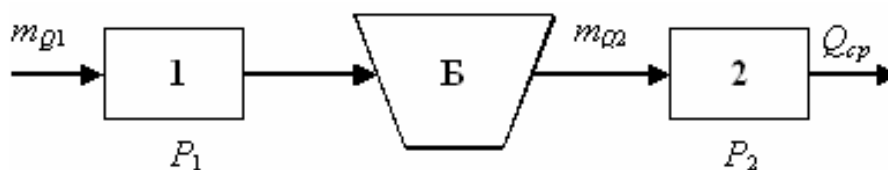


Рис. 1 – Схема последовательного соединения конвейерных линий и бункера

Обозначим через $U^{(1)}$ и $U^{(2)}$ события того, что конвейерные линии 1 и 2 исправны, а через $V^{(1)}$ и $V^{(2)}$ события того, что конвейерные линии неисправны соответственно.

Предположим, что события $U^{(1)}$ и $U^{(2)}$, $V^{(1)}$ и $V^{(2)}$ не зависимы. Кроме того, вероятностью переполнения бункера пренебрегаем, т.е. в течение смены переполнить бункер практически невозможно.

Вероятность того, что 1-я и 2-я линии исправны, а в бункере количество груза в минуту увеличивается на $\zeta_\delta = m_{Q1} - m_{Q2}$, равна

$$P\{U^{(1)}, U^{(2)}\} = P\{\zeta_{\delta} = m_{Q1} - m_{Q2}\} = P_1 \cdot P_2. \quad (1)$$

Вероятность того, что в данный момент 1-я конвейерная линия исправна, а 2-я неисправна, и в бункере количество груза в минуту увеличивается на $\zeta_{\delta} = m_{Q1}$, равна

$$P\{U^{(1)}, V^{(2)}\} = P\{\zeta_{\delta} = m_{Q1}\} = P_1(1 - P_2). \quad (2)$$

Вероятность того, что в данный момент 1-я конвейерная линия неисправна, а 2-я работает, и в бункере количество груза в минуту уменьшается на $\zeta_{\delta} = -m_{Q2}$, равна

$$P\{V^{(1)}, U^{(2)}\} = P\{\zeta_{\delta} = -m_{Q2}\} = (1 - P_1)P_2. \quad (3)$$

Вероятность того, что в данный момент 1-я и 2-я конвейерные линии не работают, а в бункере количество груза в минуту не увеличивается и не уменьшается, т.е. $\zeta_{\delta} = 0$, равна

$$P\{V^{(1)}, V^{(2)}\} = P\{\zeta_{\delta} = 0\} = (1 - P_1)(1 - P_2). \quad (4)$$

Тогда среднее увеличение количества груза в бункере за минуту равно [1,2]

$$Q_{\delta} = M[\zeta_{\delta}] = (m_{Q1} - m_{Q2})P_1P_2 + m_{Q1}P_1(1 - P_2) - m_{Q2}P_2(1 - P_1) + 0 \cdot (1 - P_1)(1 - P_2).$$

После преобразования предыдущее равенство примет вид

$$Q_{\delta} = m_{Q1}P_1 - m_{Q2}P_2. \quad (5)$$

Таким же образом найдено распределение вероятности количества груза ζ_{δ} на выходе из линии 2 в минуту,

$$\begin{aligned} P\{\zeta_{\delta} = m_{Q1}\} &= P_1P_2, \\ P\{\zeta_{\delta} = 0\} &= P_1(1 - P_2), \\ P\{\zeta_{\delta} = m_{Q2}\} &= (1 - P_1)P_2, \\ P\{\zeta_{\delta} = 0\} &= (1 - P_1)(1 - P_2). \end{aligned} \quad (6)$$

Средняя производительность на выходе из конвейерной линии 2 согласно [1] с учетом (6) определяется по формуле

$$Q_{cp} = M[\zeta_{\delta}] = m_{Q2} \cdot P_1P_2 + 0 \cdot P_1(1 - P_2) + m_{Q2}(1 - P_1)P_2 + 0 \cdot (1 - P_1)P_2.$$

После преобразования последнего равенства получим

$$Q_{cp} = m_{Q2}P_2. \quad (7)$$

Общая средняя производительность системы конвейерного транспорта, включая и накопленный груз в бункере, равна

$$Q_c = Q_{cp} + Q_{\bar{o}}. \quad (8)$$

Подставим (5) и (7) в (8), получим

$$Q_c = m_{Q2}P_2 + (m_{Q1}P_1 - m_{Q2}P_2).$$

После преобразования последнее равенство примет вид

$$Q_c = m_{Q1}P_1. \quad (9)$$

Из (9) видно, что пропускная способность системы транспорта конвейер – бункер – конвейер (см. рис. 1) равна пропускной способности надбункерной конвейерной линии, следовательно, чем больше P_1 , тем больше пропускная способность системы.

При уменьшении длины надбункерной конвейерной линии в связи с уменьшением количества конвейеров в линии вероятность P_1 увеличивается.

Поэтому для увеличения пропускной способности конвейерных линий необходимо ставить аккумулярующие бункеры как можно ближе к лавам.

Сравним коэффициенты пропускной способности системы конвейерного транспорта (см. рис. 1) с бункером и без бункера.

Коэффициент пропускной способности системы (см. рис. 1) согласно [3-5] определяется по формуле

$$K_n = \frac{Q_c}{Q_m}, \quad (10)$$

где Q_c – средняя производительность на выходе из системы с учетом накопления материала в бункерах; Q_m – теоретическая производительность ($Q_m = m_{Q1}$).

Для этой же системы последовательного соединения конвейеров без бункеров имеем

$$Q_c = m_{Q1}P_1P_2.$$

Подставляя последнее равенство в (10), получим

$$K_n = \frac{m_{Q1}P_1P_2}{m_{Q1}} = P_1P_2.$$

Коэффициент пропускной способности системы (см. рис. 1) с бункером согласно (10) с учетом (9) равен

$$K'_n = \frac{m_{Q1}P_1}{m_{Q1}} = P_1. \quad (11)$$

Следовательно, коэффициент пропускной способности системы конвейер – бункер – конвейер больше в $1/P_2$ раза, чем той же системы транспорта без бункера.

В случае, когда объем аккумулирующего бункера в системе транспорта очень большой, этот бункер может быть разделен на несколько бункеров меньшего размера.

Рассмотрим систему транспорта, состоящего из последовательно расположенных конвейеров и двух бункеров, между которыми расположены конвейеры (рис. 2).

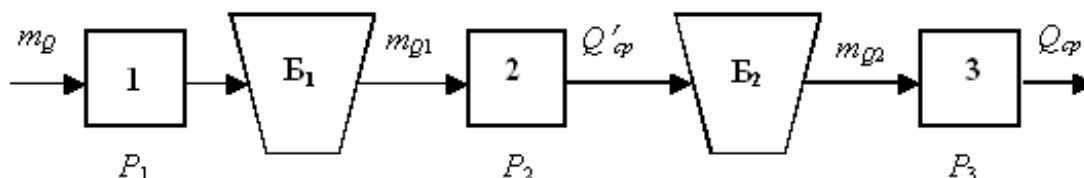


Рис. 2 – Схема последовательного соединения конвейерных линий с двумя бункерами

Обозначим через m_Q , m_{Q1} , m_{Q2} – средние производительности входящего в систему транспорта и выходящего из бункеров 1 и 2 потока груза соответственно.

P_1, P_2, P_3 – вероятность работы конвейерных линий 1, 2 и 3 соответственно.

Тогда, по аналогии с предыдущим, среднее увеличение количества груза 1-го бункера за минуту равно

$$Q_{б1} = m_Q P_1 - m_{Q1} P_2. \quad (12)$$

Средняя производительность на выходе из линии 2 или на входе в бункер 2 за минуту равна

$$Q'_{cp} = m_{Q2} \cdot P_2. \quad (13)$$

Среднее увеличение количества груза 2-го бункера за минуту равно

$$Q_{б2} = m_{Q1} P_2 - m_{Q2} P_3. \quad (14)$$

Средняя производительность на выходе из конвейерной линии равна

$$Q_{cp} = m_{Q2} \cdot P_3. \quad (15)$$

Складывая (12), (14) и (15), получим среднюю суммарную производительность системы, включая количество накопленного груза в бункерах,

$$Q_c = (m_Q P_1 - m_{Q1} P_2) + (m_{Q1} P_2 - m_{Q2} P_3) + m_{Q2} P_3.$$

После преобразования последнее равенство примет вид

$$Q_c = m_Q P_1. \quad (16)$$

Следовательно, пропускная способность системы подземного транспорта, состоящей из нескольких последовательно расположенных бункеров (см. рис. 2), равна пропускной способности конвейерных линий до первого бункера.

При этом коэффициент пропускной способности этой системы определяется по формуле (11).

Складывая (12) и (14), получим

$$Q_{\delta 1} + Q_{\delta 2} = (m_Q P_1 - m_{Q1} P_2) + (m_{Q1} P_2 - m_{Q2} P_3).$$

После преобразования последнее равенство примет вид

$$Q_{\delta 1} + Q_{\delta 2} = m_Q P_1 - m_{Q2} P_3. \quad (17)$$

Из последнего равенства следует, что суммарное среднее увеличение количества груза в двух бункерах системы транспорта с последовательным размещением бункеров равно среднему увеличению груза в бункере в системе транспорта, состоящей из конвейерных линий 1 и 3 и одного бункера между ними, без промежуточной конвейерной линии 2.

Рассмотрим систему параллельного соединения двух конвейерных линий с бункерами и подбункерным сборным конвейером (рис. 3).

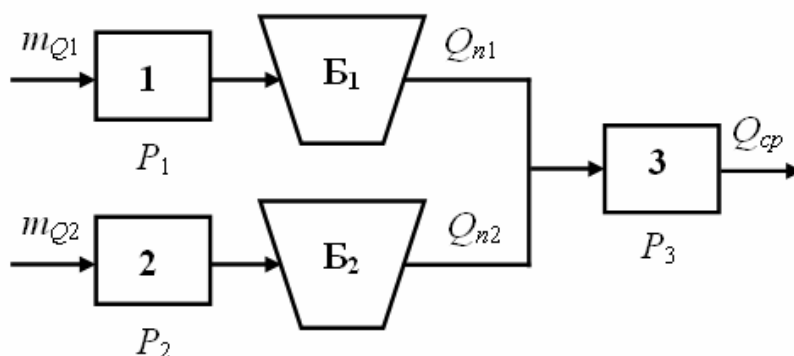


Рис. 3 – Схема параллельного соединения конвейерных линий с двумя бункерами

В этом случае горная масса от каждой лавы по участковым конвейерным линиям 1 и 2 с вероятностями P_1 и P_2 поступает в бункера B_1 и B_2 , а затем на

сборную конвейерную линию 3 с вероятностью работы P_3 . Тогда, согласно предыдущему, средние увеличения количества груза в бункерах B_1 и B_2 в минуту равны

$$Q_{\delta 1} = m_{Q1} \cdot P_1 - Q_{n1} \cdot P_3, \quad (18)$$

$$Q_{\delta 2} = m_{Q2} \cdot P_2 - Q_{n2} \cdot P_3, \quad (19)$$

где Q_{n1} и Q_{n2} – производительности питателей бункеров B_1 и B_2 .

Средняя производительность на выходе из системы соответственно равна

$$Q_{cp} = (Q_{n1} + Q_{n2}) \cdot P_3. \quad (20)$$

Складывая (18), (19) и (20), получим среднюю производительность системы, включая количество накопленного груза в бункерах,

$$Q_c = m_{Q1} P_1 + m_{Q2} P_2. \quad (21)$$

Следовательно, пропускная способность системы подземного транспорта, состоящей из двух параллельных конвейерных линий и бункеров (см. рис. 3), равна суммарной пропускной способности системы конвейерных линий до бункеров.

Складывая (18) и (19), получим

$$Q_{\delta 1} + Q_{\delta 2} = m_{Q1} P_1 + m_{Q2} P_2 - (Q_{n1} + Q_{n2}) P_3. \quad (22)$$

Из последнего равенства следует, что суммарное среднее увеличение количества груза в двух бункерах в минуту системы транспорта, состоящей из двух параллельных линий, равно среднему увеличению количества груза в бункере в минуту в той же системе транспорта, состоящей из одного сборного бункера.

Коэффициент пропускной способности системы транспорта с параллельным соединением двух конвейерных линий с бункерами (см. рис. 3) определяется согласно (10) по формуле

$$K_n = \frac{m_{Q1} P_1 + m_{Q2} P_2}{m_{Q1} + m_{Q2}} \quad (23)$$

или

$$K_n = \frac{P_1 + x P_2}{1 + x}, \quad (24)$$

где $x = m_{Q2} / m_{Q1}$.

Из (24) следует, если $x = 0$ ($m_{Q2} = 0$), то $K_n = P_1$; если $x = 1$ ($m_{Q1} = m_{Q2}$), то $K_n = (P_1 + P_2) / 2$; если $x \rightarrow \infty$ ($m_{Q1} = 0$), то $K_n = P_2$.

Следовательно, согласно (23), коэффициент пропускной способности системы транспорта с параллельным соединением конвейерных линий с бункерами (см. рис. 3) зависит от вероятности работы надбункерных конвейерных линий и не зависит от вероятности работы подбункерной конвейерной линии.

На рис. 4 показан график зависимости коэффициента пропускной способности K_n системы с параллельным соединением конвейерных линий с бункерами от отношения $x = m_{Q2}/m_{Q1}$ при $P_1=0,95$ и $P_2=0,85$.

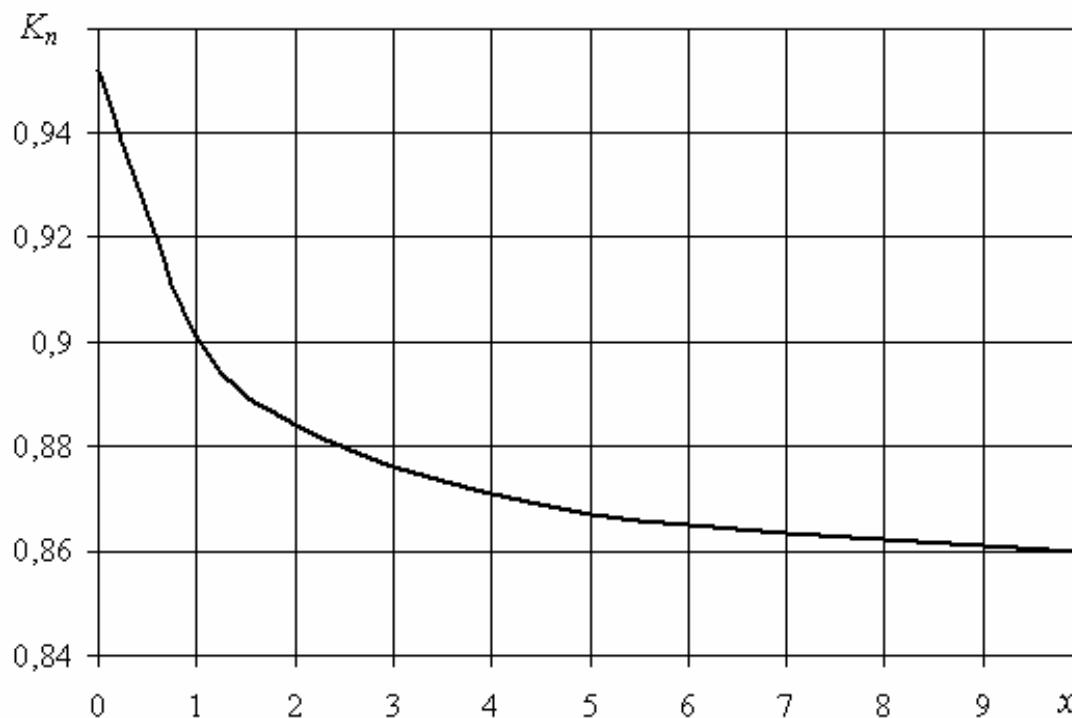


Рис. 4 – График зависимости коэффициента пропускной способности K_n системы с параллельным соединением двух конвейерных линий с бункерами от отношения $x = m_{Q2}/m_{Q1}$

Из графика (см. рис. 4) видно, что коэффициент пропускной способности системы транспорта с двумя параллельными конвейерными линиями и бункерами изменяется в пределах $0,85 < K_n < 0,95$, и с увеличением отношения $x = m_{Q2}/m_{Q1}$ уменьшается, приближаясь асимптотически к значению 0,85.

Сравним коэффициенты пропускной способности системы транспорта с двумя параллельными конвейерными линиями и бункерами (см. рис. 4) и без бункеров.

Согласно [6], пропускная способность системы транспорта с параллельным и последовательным соединением конвейерных линий без бункеров (см. рис. 3) определяется по формуле

$$Q''_{cp} = Q'_{cp} P_3, \quad (25)$$

где

$$Q'_{cp} = m_{Q1}P_1 + m_{Q2}P_2. \quad (26)$$

Здесь Q'_{cp} – средняя производительность грузопотока, поступающего на сборный конвейер 3.

Коэффициент пропускной способности этой системы будет равен

$$K'_n = \frac{Q''_{cp}}{m_{Q1} + m_{Q2}}. \quad (27)$$

После подстановки (25) в (27), с учетом (26), получим

$$K'_n = \frac{(m_{Q1}P_1 + m_{Q2}P_2)P_3}{m_{Q1} + m_{Q2}}. \quad (28)$$

Сравнивая (28) и (23), имеем

$$K'_n = K_n P_3 \quad (29)$$

или

$$K_n = \frac{K'_n}{P_3}. \quad (30)$$

Из равенства (30) следует, что пропускная способность системы транспорта с двумя параллельными конвейерными линиями и бункерами больше в $1/P_3$ раза, чем той же системы транспорта без бункеров.

Следовательно, для достижения наибольшей пропускной способности систем подземного транспорта угольных шахт необходимо аккумулирующие бункеры ставить так, чтобы надбункерная конвейерная линия имела по возможности максимальную вероятность работы. При этом, если необходимый объем бункера большой, то вдоль конвейерной линии ставится несколько бункеров с суммарным объемом одного бункера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петренко С.Я. Прогрессивная техника и технология на подземном транспорте угольных шахт / С.Я. Петренко, Г.Я. Полант, В.В. Шконда, А.Н. Чупика. - К.: Техника, 1990. - 271 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - М.: Высшая школа, 2000. - 480 с.
3. Кордонский Х.Б. Приложение теории вероятностей в инженерном деле. - Москва, Ленинград: Физматгиз, 1963. - 436 с.
4. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М: Наука, 1981. - 487 с.
5. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. - М.: Наука, 1978. - 400 с.
6. Спиваковский А.О. Карьерный конвейерный транспорт / А.О. Спиваковский, М.Г. Потапов, Г.В. Приседский. - М.: Недра, 1979. - 264 с.